

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-133894

(43)Date of publication of application : 20.05.1997

(51)Int. Cl.

G02B 27/28

G02F 1/31

(21)Application number : 07-315777

(71)Applicant : FUJI ELELCTROCHEM CO LTD

(22)Date of filing : 10.11.1995

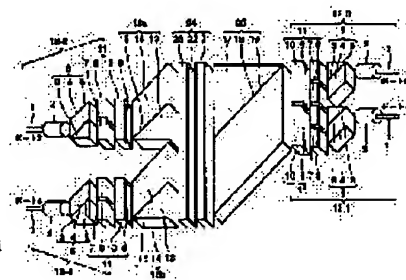
(72)Inventor : SUZUKI YOICHI
IMURA TOMOKAZU
TOKUMASU TSUGIO

(54) OPTICAL CIRCULATOR AND OPTICAL SWITCH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a 4-port optical circulator which has low loss and high isolation by using a polarized light beam splitter which is inexpensive, small-sized, and easily manufactured.

SOLUTION: Four terminal units 12-1, 12-2, 12-3 and 12-4 are formed by arranging small-sized nonreciprocal rotary polarizers 11 in parallel so that triangular prisms 3 and parallelogram prisms 4 on the upper base surfaces of small-sized compound polarized light beam splitters 6 are made reverse between the top and bottom, and the upper base surface of the beam splitter of each unit is an input/output port for light. A large-sized nonreciprocal rotary polarizer 24 is sandwiched between the lower base surface of a large-sized beam splitter 20 and the lower base surfaces of two large-sized compound polarized light beam splitters 16a and 16b which arranged in parallel. On the upper base surface of the large-sized beam splitter 20, two units 12-1 and 12-4 are arranged in parallel, and the units 12-2 and 12-4 are coupled with the upper base surface of the two intermediate-size beam splitters 16a and 16b.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-133894

(43)公開日 平成9年(1997)5月20日

(51)IntCl⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 27/28

G 0 2 B 27/28

A

G 0 2 F 1/31

G 0 2 F 1/31

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平7-315777

(22)出願日 平成7年(1995)11月10日

(71)出願人 000237721

富士電気化学株式会社

東京都港区新橋5丁目36番11号

(72)発明者 鈴木 洋一

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内

(72)発明者 井村 智和

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内

(72)発明者 徳増 次雄

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内

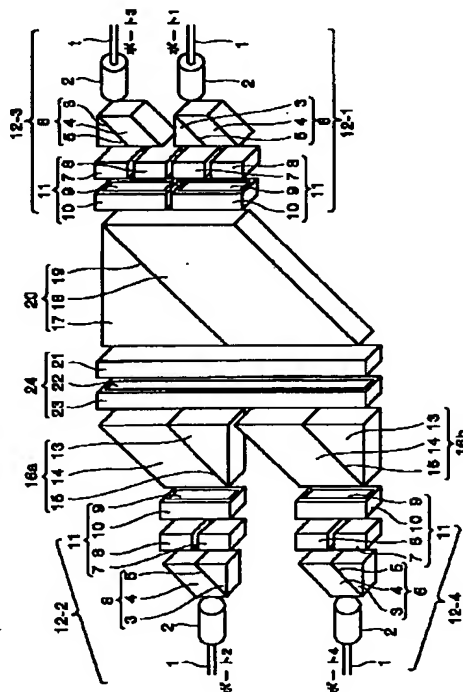
(74)代理人 弁理士 松井 伸一

(54)【発明の名称】 光サーキュレータおよび光スイッチ

(57)【要約】

【課題】 安価で小型で製作容易な偏光ビームスプリッタを用いて低損失かつ高アイソレーションな4ポートの光サーキュレータを提供すること

【解決手段】 4個の各端子ユニット12-1、12-2、12-3、12-4は、小型複合偏光ビームスプリッタ6の下底面の三角プリズム3と平行四辺形プリズム4に互いに表裏を逆にした小型非相反旋光子11が並列に配置されたものであり、各ユニットのビームスプリッタ6の上底面が光の入出力ポートとなる。大型ビームスプリッタ20の下底面と、並列に配置された2個の中型複合偏光ビームスプリッタ16aと16bの下底面との間に大型非相反旋光子24が挟み込まれている。大型ビームスプリッタ20の上底面に2個のユニット12-1、12-4が並列配置され、ユニット12-2と12-4が2個の中型ビームスプリッタ16aと16bの上底面にそれぞれ結合されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 直角二等辺三角プリズムと、狭角が45度の平行四辺形プリズムの一面とで偏光分離膜を挟んで一体化された異なる寸法の台形状の複合偏光ビームスプリッタを所定数用意し、

直線偏光が1つの面からもう1つの面へ通過する際に偏光方位を90度回転させるが、それと逆方向へ通過する際にその偏光方位を回転させないようにした所定の寸法形状の非相反旋光子を所定数用意し、

4個の各端子ユニット(12-1, 12-2, 12-3, 12-4)は、小型の複合偏光ビームスプリッタ(6)の下底面の三角プリズム部(3)と平行四辺形プリズム部(4)に互いに表裏を逆にした小型の非相反旋光子(11)が並列に配置されたものであり、各端子ユニットの前記小型複合偏光ビームスプリッタ(6)の上底面が光の入出力ポートとなり、

大型の複合偏光ビームスプリッタ(20)の下底面と、狭角が同方向になるように並列に配置された2個の中型の複合偏光ビームスプリッタ(16aと16b)の下底面との間に大型の非相反旋光子(24)が挟み込まれており、

前記大型複合偏光ビームスプリッタ(20)の上底面に2個の前記端子ユニット(12-1と12-4)が並列に配置されて結合されているとともに、他の2個の前記端子ユニット(12-2と12-4)が2個の前記中型複合偏光ビームスプリッタ(16aと16b)の上底面にそれぞれ結合されていることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項2】 請求項1において、隣り合う2個の前記端子ユニットの構成要素の一部が共通の部品からなることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項3】 請求項1または請求項2において、すべてあるいは一部の前記複合偏光ビームスプリッタは、2個の直角二等辺三角プリズムと、単体あるいは複数の狭角が45度の平行四辺形プリズムより構成され、前記三角プリズムが両端に配置され、その間に単体あるいは複数の前記平行四辺形プリズムが連続に配置され、接する2個の前記プリズムの斜平面との間に偏光分離膜が挟み込まれて一体化されていることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の光サーキュレータの構成において、前記非相反旋光子として電気的手段により非相反性の方向が切替自在なものを用いたことを特徴とする光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システムなどに用いられる4ポートの光サーキュレータに関する。また、光サーキュレータを応用した光スイッチにも関する。

【0002】

【従来の技術】4ポートの光サーキュレータとしては特開平5-34633号公報に記載された構成が代表的である。これは非相反旋光子の両側に複屈折結晶を備え、この2個の複屈折結晶のそれぞれ2個の端子モジュールを結合して4ポート回路としている。

【0003】ここでは2個の複屈折結晶による常光と異常光の光路を分離する機能と、非相反旋光子の非相反性を組み合わせることで、ポート1の入力光がポート2から出力し、ポート2の入力光がポート3から出力し、ポート3の入力光がポート4から出力し、ポート4の入力光がポート1から出力するという4ポート光サーキュレータの機能を実現している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の光サーキュレータでは常光・異常光の分離する偏光分離素子として複屈折結晶板を用いているために、常光ビームと異常光ビームの分離距離を十分に大きくするためには複屈折結晶板の厚みを相当大きくしなければならず、そのために光サーキュレータが大型で高価になるという問題があった。複屈折結晶板として例えばルチル単結晶を用いる場合、その最大分離距離に対する厚みの比は約1:10なので、10ミリメートルの分離距離を確保しようとするならば、結晶板の厚みは100ミリメートル必要となる。

【0005】また、常光ビームと異常光ビームの分離距離が複屈折結晶板への入射角度によって変化する特性があるために、複屈折結晶板と入出力ポートとの機械的な配置関係を高精度にし、入射角度を高精度に一定に保つ必要がある。したがって光サーキュレータの組立・調整が面倒になる。

【0006】そこで複屈折結晶を使用せずに、偏光ビームスプリッタを偏光分離手段および光路決定手段として用いることが考えられる。偏光ビームスプリッタは製作容易だし安価で小型である。しかし偏光ビームスプリッタの消光比があまり高くないことから、従来、このタイプで低損失かつ高アイソレーションの光サーキュレータを実現することができなかった。

【0007】本発明は、上記した背景に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、上記した問題を解決し、安価で小型で製作容易な偏光ビームスプリッタを用いて低損失かつ高アイソレーションの4ポート光サーキュレータを提供することにある。また、その光サーキュレータを応用した高クロストークの光スイッチを提供することも目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するため、本発明に係る4ポート光サーキュレータは、直角二等辺三角プリズムと、狭角が45度の平行四辺形プリズムの一面とで偏光分離膜を挟んで一体化された異なる寸法形状の台形状の複合偏光ビームスプリッタを所定数

用意する。

【0009】また、直線偏光が1つの面からもう1つの面へ通過する際に偏光方位を90度回転させるが、それと逆方向へ通過する際にその偏光方位を回転させないようにした所定の寸法形状の非相反旋光子を所定数用意する。そして、上記した各素子を以下に示す要件①～③を満足するように配置した。

【0010】①4個の各端子ユニットは、小型の複合偏光ビームスプリッタの下底面の三角プリズム部と平行四辺形プリズム部に互いに表裏を逆にした小型の非相反旋光子が並列に配置されたものであり、各端子ユニットの前記小型複合偏光ビームスプリッタの上底面が光の入出力ポートとなる。

【0011】②大型の複合偏光ビームスプリッタの下底面と、狭角が同方向になるように並列に配置された2個の中型の複合偏光ビームスプリッタの下底面との間に大型の非相反旋光子が挟み込まれている。

【0012】③前記大型複合偏光ビームスプリッタの上底面に2個の前記端子ユニットが並列に配置されて結合されているとともに、他の2個の前記端子ユニットが2個の前記中型複合偏光ビームスプリッタの上底面にそれぞれ結合されている。

【0013】前記の構成において、隣り合う2個の前記端子ユニットの構成要素の一部を共通の部品で構成することもできる（請求項2）。

【0014】また、すべてあるいは一部の前記複合偏光ビームスプリッタは、2個の直角二等辺三角プリズムと、単体あるいは複数の狭角が45度の平行四辺形プリズムより構成され、前記三角プリズムが両端に配置され、その間に単体あるいは複数の前記平行四辺形プリズムが連続に配置され、接する2個の前記プリズムの斜平面との間に偏光分離膜が挟み込まれて一体化された構成でも良い（請求項3）。

【0015】また、この光サーキュレータの構成において、前記非相反旋光子として電気的手段により非相反性の方向が切替自在なものを用いることで、2入力・2出力の光スイッチとして機能することになる（請求項4）。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る4ポート光サーキュレータの実施の形態の一例の構成を示している。同図に示すように、ポート1～4に対応する4つの端子ユニット12-1、12-2、12-3、12-4を備えるとともに、2つの中型複合偏光ビームスプリッタ（以下、中型PBSとする）16a、16bと、1つの大型複合偏光ビームスプリッタ（以下、大型PBSとする）20と、1つの大型非相反旋光子24とで構成されている。そして、各部の具体的な構成は、以下のようになっている。

【0017】〔各端子ユニット12の構成〕4個の端子

ユニット12-1、12-2、12-3、12-4は、基本的には同一構成のものを用い、その向き等を替えて実装する。従って、各部の説明の際に、それらを区別する必要のない時は、端子ユニット12と記す。各端子ユニット12は、先端にカップリングレンズ2が付いた光ファイバ1と、小型複合偏光ビームスプリッタ（以下、小型PBSとする）6と、表裏逆特性の2つの系を含んだ小型非相反旋光子11とで構成されている。

【0018】各小型PBS6は、直角二等辺三角プリズム3と、狭角が45度の平行四辺形プリズム4の一面とで偏光分離膜5を挟んで一体化された片台形に構成されている。そして、その小型PBS6の上底面に光ファイバ1のレンズ2が結合され、また、小型PBS6の下底面に小型非相反旋光子11が近接配置されている。

【0019】小型非相反旋光子11は、小型PBS6の下底面に並列に配置された2つの1/2波長板7、8と、両1/2波長板7、8に積層配置された45度ファラデー回転子9と、このファラデー回転子9を厚み方向に磁気飽和させる永久磁石10とから構成されている。そして、小型PBS6の下底面に並列に配置された2つの1/2波長板7、8は、互いに表裏が逆の配置になっている。また、1/2波長板7、8の光学軸は、±22.5度としている。さらに、ファラデー回転子9は、順方向の入射偏光の方位を反時計方向に45度回転させるようになっている。

【0020】〔4個の端子ユニットと他の構成要素の関係〕大型PBS20は、直角二等辺三角プリズム17と、狭角が45度の平行四辺形プリズム18の一面とで偏光分離膜19を挟んで一体化された片台形に形成されている。この大型PBS20の上底面に、ポート1とポート3の端子ユニット12-1、12-3が並列に配置されて結合されている。

【0021】2個の中型PBS16a、16bはそれぞれ、直角二等辺三角プリズム13と、狭角が45度の平行四辺形プリズム14の一面とで偏光分離膜15を挟んで一体化された片台形に構成されている。そして、一方の中型PBS16aの上底面にポート2の端子ユニット12-2が結合され、他方の中型PBS16bの上底面にポート4の端子ユニット12-4が結合されている。

【0022】大型PBS20の下底面と、狭角が同方向になるように並列に配置された2個の中型PBS16a、16bの下底面との間に大型非相反旋光子24が挟み込まれており、ポート1の端子ユニット12-1とポート2の端子ユニット12-2とが対向する配置関係になっている。大型非相反旋光子24は、大型PBS20の下底面对向配置された1/2波長板21と、これに積層配置された45度ファラデー回転子22と、このファラデー回転子22を厚み方向に磁気飽和させる永久磁石23とからなる。1/2波長板21の光学軸は、ポート1の方向から見て-22.5度である。ファラデー回

10

20

30

40

50

5

転子22は、ポート1と3の方向からの入射偏光の方位を反時計方向に45度回転させる。

【0023】次に、上記した構成の光サーキュレータの動作原理、すなわち、順方向と逆方向の光路について説明する。

【0024】[ポート1からポート2への光路]この順方向の光路を図2に示している。ポート1の端子ユニット12-1において、光ファイバ1からの出射光線がレンズ2でコリメートされ、小型PBS6に入射し、偏光分離膜5でP偏光とS偏光に分離される。P偏光成分は偏光分離膜5を透過し、S偏光成分は偏光分離膜5で反射して平行四辺形プリズム4でも反射する。

【0025】その結果、P偏光とS偏光は小型PBS6から平行に出射する。P偏光方位は0度であり、1/2波長板7の光学軸方位は-22.5度であるから、P偏光成分は1/2波長板7を通過して偏光方位は-45度となり、逆にファラデー回転子9で反時計方向に45度回転するので偏光方位は0度であり、P偏光のままである。

【0026】一方、S偏光方位は90度であり、1/2波長板8の光学軸方位は22.5度であるから、S偏光成分は1/2波長板8を通過して偏光方位は-45度となり、さらにファラデー回転子9で反時計方向に45度回転するので偏光方位は0度となり、PBS6側から見てP偏光に変換される。

【0027】したがって、端子ユニット12-1の非相反旋光子11からは2本のP偏光の光線として出射され、大型PBS20の偏光分離膜19を透過し、大型PBS20の下底面の三角プリズム17より出射する。そして2本のP偏光の光線の方位は0度であり、1/2波長板21の光学軸方位は-22.5度であるから、P偏光は1/2波長板21を通過して偏光方位は-45度となり、逆にファラデー回転子22で反時計方向に45度回転するので偏光方位は0度となり、中型PBS16aの三角プリズム13にP偏光の光線として入射し、偏光分離膜15を透過し、ポート2の端子ユニット12-2に達する。

【0028】ポート2の端子ユニット12-2において、ポート1側からの前記のP偏光ビームの偏光方位は端子ユニット12-2の出力方向から見て-45度であり、1/2波長板8の光学軸方位は出力方向から見て22.5度であるから、1/2波長板8を透過した成分の偏光方位は90度となり、S偏光として平行四辺形プリズム4と偏光分離膜5で反射する。逆に1/2波長板7の光学軸方位は出力方向から見ると-22.5度であるから、1/2波長板7を通過した成分の偏光方位は0度となり、P偏光として偏光分離膜5を透過する。よってS偏光とP偏光は1本の光線に合成され、ポート2のレンズを介して光ファイバに集光される。

【0029】[ポート2からポート3への光路]この順

6

方向の光路を図3に示している。ポート2の端子ユニット12-2において、光ファイバ端のレンズからの入力光は小型PBS6で偏光分離され、非相反旋光子11で2本のS偏光にされ、中型PBS16に達する。この平行四辺形プリズム14で反射を繰り返して大型非相反旋光子24でP偏光に変換され、大型PBS20の三角プリズム17に入射する。

【0030】大型PBS20において、P偏光は偏光分離膜19を透過して端子ユニット12-3に達する。端子ユニット12-3において、大型PBS20からの光線は非相反旋光子11で直交偏光にされ、小型PBS6で合成されてポート3のレンズ、光ファイバに達する。

【0031】[ポート3からポート4への光路]この順方向の光路を図4に示している。ポート3の端子ユニット12-3への入力光は2本のS偏光となって大型PBS20で反射を繰り返して、大型非相反旋光子24を通過後もS偏光のままで、中型PBS16bで反射を繰り返して、ポート4の端子ユニット12-4に至り、小型PBS6で合成されてポート4のレンズ、光ファイバに達する。

【0032】[ポート4からポート1への光路]この順方向の光路を図5に示している。ポート4の端子ユニット12-4への入力光は2本のP偏光となって中型PBS16bを透過し、大型非相反旋光子24でS偏光に変換され、大型PBS20で反射を繰り返してポート1の端子ユニット12-1に至り、小型PBS6で合成されてポート1のレンズ、光ファイバに達する。

【0033】[ポート1からの入力光の漏れ経路]この漏れ経路を図6に示している。端子ユニット12-1において、小型PBS6の消光比と非相反旋光子11の回転誤差による漏れ光は、S偏光として平行四辺形プリズム18で反射し、大型非相反旋光子24を通過してもS偏光のままで、端子ユニット12-4の中型PBS16bに入射するが偏光分離膜15で反射し、ポート4の光ファイバには達しない。

【0034】また、大型PBS20の消光比による漏れ光で偏光分離膜19で反射するP偏光は平行四辺形プリズム18で反射し、大型非相反旋光子24を通過後もP偏光のままで、中型PBS16bを透過し、端子ユニット12-4の非相反旋光子11で直交偏光に変換され、小型PBS6で合成されるが直交方向に進行し、ポート4の光ファイバには達しない。

【0035】さらに、大型非相反旋光子24の回転誤差による漏れ光は、S偏光として中型PBS16aの偏光分離膜15で反射される。中型PBS16aの消光比による漏れ光は、P偏光であるが偏光分離膜15で反射するので、ポート2の光ファイバには達しない。なお、出射側の端子ユニットの内部で生じる漏れ光は、別の端子ユニットに伝搬することはない。

【0036】[ポート2からの入力光の漏れ経路]この

漏れ経路を図7に示している。端子ユニット12-2の小型PBS6の消光比と非相反旋光子11の回転誤差による漏れ光はP偏光として中型PBS16aを透過し、大型非相反旋光子24でS偏光に変換され、大型PBS20の偏光分離膜19で反射し、ポート3の光ファイバ1には達しない。

【0037】また、中型PBS16aの消光比による漏れ光で偏光分離膜15を透過するS偏光は、大型非相反旋光子24でP偏光に変換され、大型PBS20を透過し、端子ユニット12-1の非相反旋光子11で直交偏光に変換され、端子ユニット12-1の小型PBS6で合成されるが直交方向に進行し、ポート1の光ファイバ1には達しない。

【0038】さらに、大型非相反旋光子24の回転誤差による漏れ光は、S偏光として大型PBS20で反射される。大型PBS20の消光比による漏れ光はP偏光であるが偏光分離膜19で反射するので、ポート1の光ファイバ1には達しない。

【0039】[ポート3およびポート4からの入力光の漏れ経路]この2系統の漏れ経路を図8と図9にそれぞれ示している。この図とすでに詳しく説明したポート1、2の入力光の漏れ経路の作用から容易に類推できることなので、ここでは詳しく説明しないが、ポート3からの入力光はポート2には達しないし、ポート4からの入力光はポート3には達しない。

【0040】以上の結果、例えばPBSの消光比や非相反旋光子の回転誤差による漏れ光を30dBとすると、ポート4→3→2→1→4の逆方向のアイソレーションは60dBとなり、十分に高いアイソレーションを実現できることになる。

【0041】[他の実施形態]本発明の光サーキュレータの他の実施形態を図10～図13に示している。本発明では各図に示すように、前記の構成において、隣り合う2個の前記端子ユニットの構成要素の一部を共通の部品で構成することもできる(特に図10～図12)。

【0042】また、すべてあるいは一部の前記複合偏光ビームスプリッタは、2個の直角二等辺三角プリズムと、単体あるいは複数の狭角が45度の平行四辺形プリズムより構成され、前記三角プリズムが両端に配置され、その間に単体あるいは複数の前記平行四辺形プリズムが連続に配置され、接する2個の前記プリズムの斜平面との間に偏光分離膜が挟み込まれて一体化された構成でも良い(図13)。

【0043】具体的には、例えば図10に示す構成のものでは、小型PBS6と大型PBS20が互いに直交するように、端子ユニット12-1、12-2、12-3、12-4を立てて配置し、奇数番ポートの端子ユニット(12-1と12-3)及び偶数番ポートの端子ユニット(12-2、12-4)同士の部品を共通化している。

【0044】つまり、細長い直角二等辺三角プリズム3'と、細長い平行四辺形プリズム4'を変更分離膜5'を挟んで接合一体化して小型PBSを形成する(図1に示す小型PBS6を起立させ(直角二等辺三角プリズム3と平行四辺形プリズム4が上下に並ぶようにする)、片台形状の側面同士を接合した状態に相当する)。

【0045】これにあわせ、図1に示す非相反旋光子11も90度回転させて起立させると、隣接する2個の非相反旋光子11を構成する1/2波長板7は、三角プリズム3と対向し、1/2波長板8は平行四辺形プリズム4と対向するので、非相反旋光子7同士、また、非相反旋光子8同士が横に並ぶのでそれを一体化することができる。

【0046】よって、図10に示すように、細長い直方体からなる1/2波長板7'、8'を接合することにより、一体化する。さらに、磁石10も共有化したため、45°ファラデー回転子9'の磁界の方向に対しての回転方向は互い違いにするべく、その回転子9'は別部材で構成した。これにより、図10に示すように、端子ユニットを構成する各部品が、ファラデー回転子を除き半減することができ、組み立て等も容易になる。

【0047】請求項2の発明に伴う部品の共通化の形態としては、上記した図10のものに限られず、例えば図11に示すようにすることもできる。これは、上記した図10の構成と異なり、小型PBS6と大型PBS20が互いに直交するように、端子ユニット12-1、12-2、12-3、12-4を立てて配置し、奇数番ポートの端子ユニット(12-1と12-3)及び偶数番ポートの端子ユニット(12-2、12-4)同士の部品を共通化するに際し、ファラデー回転子9'同士の共通化を図ったものである。

【0048】このようにファラデー回転子9'を一体に形成し、その周囲を単一の磁石10で囲むと、それにより構成される非相反旋光子での各ポートからの偏光の回転方向が一致してしまうので、この例では小型PBS6側を図1の例と同様に別部材で構成し、起立させる際の上下を反対にすることにより、各ポートから非相反旋光子へ入出射する偏光の状態を逆にしている。これにより、非相反旋光子の部品の共通化がなされる。

【0049】請求項2の発明に伴う部品の共通化のさらに別の形態としては、図12に示す構成とすることができる。この例では、図10の例と同様に小型PBS6'の部品の共通化を図るとともに、図11の例と同様に非相反旋光子のうち磁石10並びに45度ファラデー回転子9'の部品の共通化を図っている。これにともない、所定の動作を行わせるために、1/2波長板7、8を図1の例と同様に別部材で構成するとともに、その上下の配置を反転している。

【0050】図13は、請求項3の発明に対応した実施

の形態の一例であり、各複合PBSの形状を直方体状にするとともに、各長さを一致させ、光サーキュレータ全体としても直方体状になるようにしている。具体的には、この例では図10の構成を基準とし、小型PBSの平行四辺形PBS4の斜面のうち、三角プリズム3'と未接着で開放されていた部分に偏光分離膜を介して光学的には寄与しないダミーの三角プリズム3''を接合する。また、同様に大型PBS20についても平行四辺形プリズム18の開放側側面に偏光分離膜19'を介して三角プリズム17'を接合し、全体として直方体にして

10 いる。さらに、中型PBS16a、16bについても平行四辺形プリズムの開放側に偏光分離膜を介して三角プリズム13'を接合する。また、このように三角プリズム13'を設けると中型PBS16a、16b間の接合面側は三角プリズム同士が接続されるので平行四辺形プリズム13''に置き替え、さらなる部品点数の削減を図っている。

【0051】さらに、ポート1、3の間隔はポート2、4の間隔よりも短いため、上記した各例では、そのポート間隔に応じた長さ各部品を設定したが、奇数番ポート側の端子ユニット(12-1と12-3の合成分)を構成する各部品を他の部品に揃えるために、延長形成した。

【0052】係る構成にすることにより、使用する材料は増えるものの、各ブロックの形状が直方体状となるとともに、その長さが揃うために、位置合わせ並びに組み立てが容易で、ケース内に収納するのも容易となる。

【0053】[光スイッチへの応用] 図1や図10～図13に示した構成の光サーキュレータにおいて、前述の各非相反旋光子として電気的手段により非相反性の方向が切替自在なものを用いることで、ポート1→2→3→4→1と光が伝搬する状態と、ポート1→4→3→2→1と光が伝搬する状態とを切り替えることができる。つまり光スイッチとして利用できる。

【0054】

【発明の効果】本発明では複屈折結晶を使用せずに、偏光ビームスプリッタを偏光分離手段および光路決定手段として用いているので、製作が容易で安価であり、しかも分離距離を十分に大きくとっても小型の偏光ビームスプリッタで済む。また偏光ビームスプリッタの消光比があまり高くないことから、従来、このタイプで低損失かつ高アイソレーションの光サーキュレータを実現することができなかったが、本発明の構成によれば消光比や回転誤差によって生じる漏れ光が他のポートに達しないので高いアイソレーションを実現できる。また、偏光ビームスプリッタの通過後の分離距離は入射角度に依存しないので、各構成要素の組立・調整が容易である。

【0055】また本発明によれば、前記の利点をそのまま有する(製作容易・調整容易・安価・小型・高クロストーク)光スイッチを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光サーキュレータの実施の形態の一例を示す構成図である。

【図2】図1に示す光サーキュレータの作用説明図その1である。

【図3】図1に示す光サーキュレータの作用説明図その2である。

【図4】図1に示す光サーキュレータの作用説明図その3である。

【図5】図1に示す光サーキュレータの作用説明図その4である。

【図6】図1に示す光サーキュレータの作用説明図その5である。

【図7】図1に示す光サーキュレータの作用説明図その6である。

【図8】同上光サーキュレータの作用説明図その7である。

【図9】図1に示す光サーキュレータの作用説明図その8である。

20 【図10】本発明の光サーキュレータの他の実施の形態を示す構成図である。

【図11】本発明の光サーキュレータの他の実施の形態を示す構成図である。

【図12】本発明の光サーキュレータの他の実施の形態を示す構成図である。

【図13】本発明の光サーキュレータの他の実施の形態を示す構成図である。

【符号の説明】

- 1 光ファイバ
- 2 カップリングレンズ
- 3 直角三角形プリズム
- 4 平行四辺形プリズム
- 5 偏光分離膜
- 6 小型複合偏光ビームスプリッタ
- 7, 8 1/2波長板
- 9 ファラデー回転子
- 10 永久磁石
- 11 小型非相反旋光子
- 12-1, 12-2, 12-3, 12-4 端子ユニット
- 13 直角三角形プリズム
- 14 平行四辺形プリズム
- 15 偏光分離膜
- 16a, 16b 中型複合偏光ビームスプリッタ
- 17 直角三角形プリズム
- 18 平行四辺形プリズム
- 19 偏光分離膜
- 20 大型複合偏光ビームスプリッタ
- 21 1/2波長板
- 22 ファラデー回転子

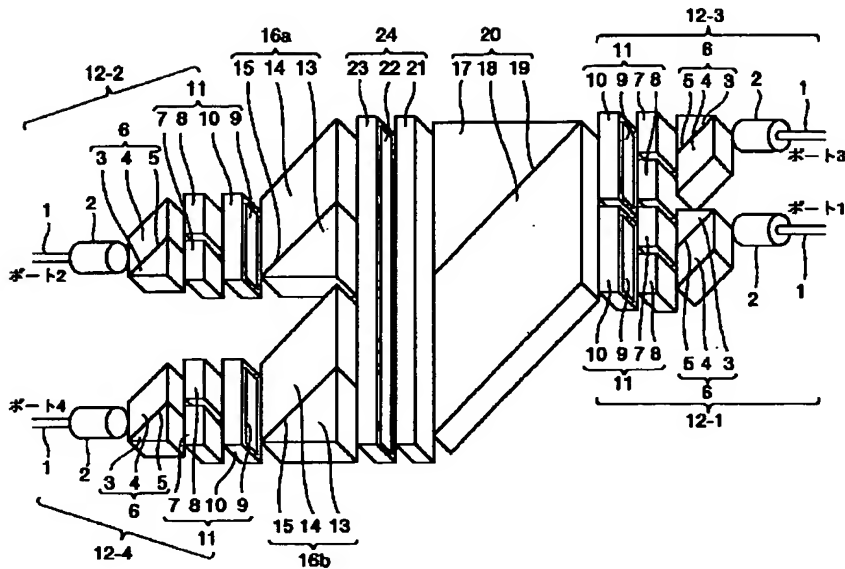
1 1

1 2

23 永久磁石

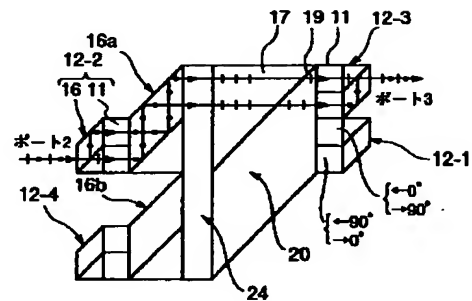
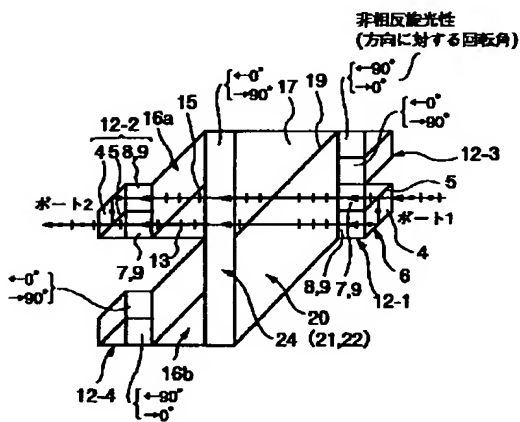
24 大型非相反旋光子

【図1】



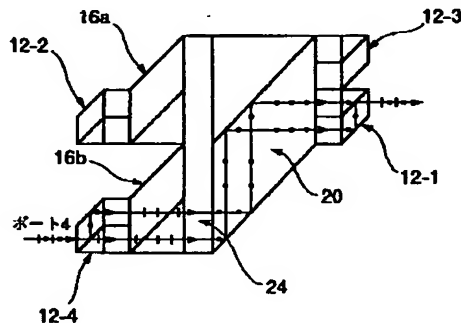
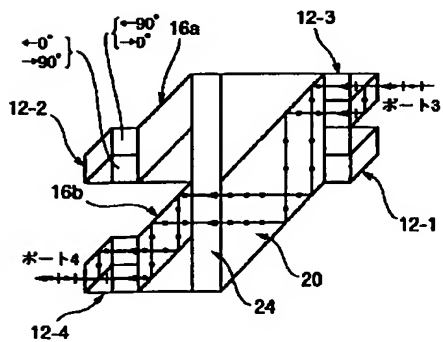
【図2】

【図3】

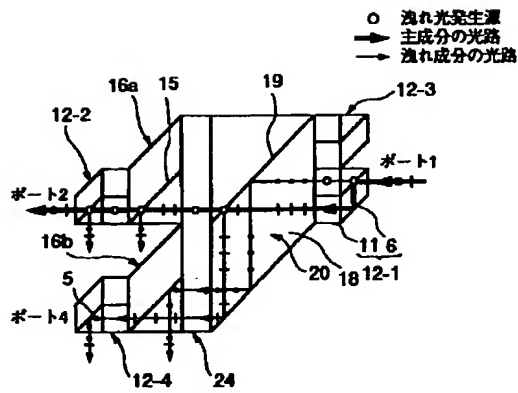


【図4】

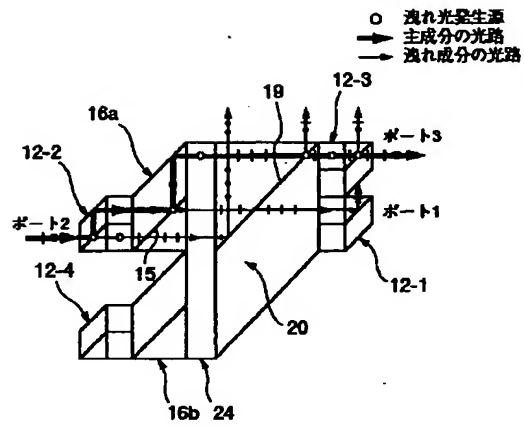
【図5】



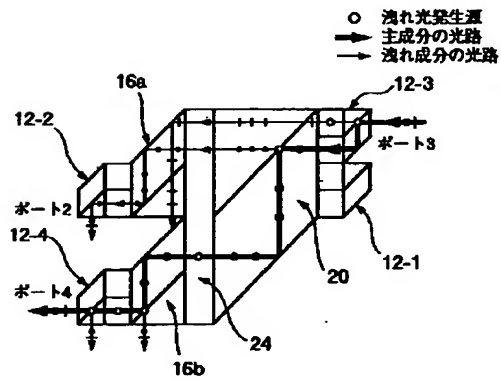
【図6】



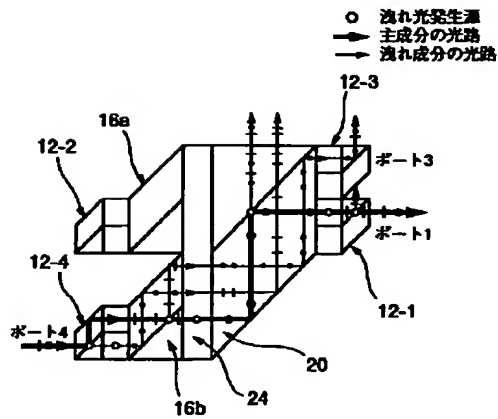
【図7】



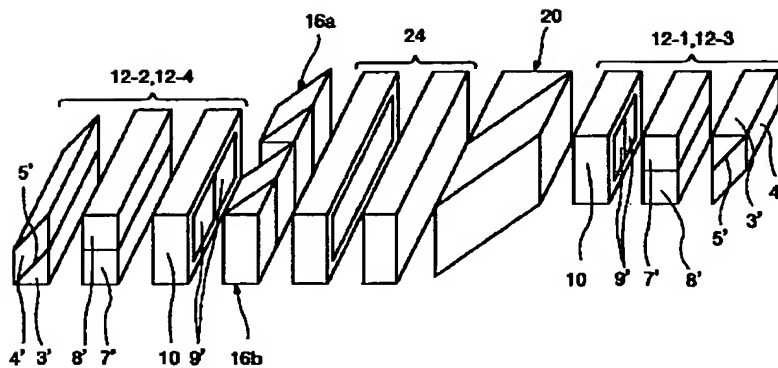
【図8】



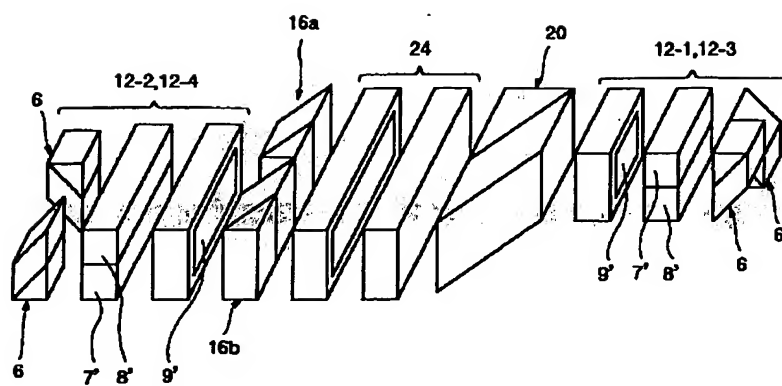
【図9】



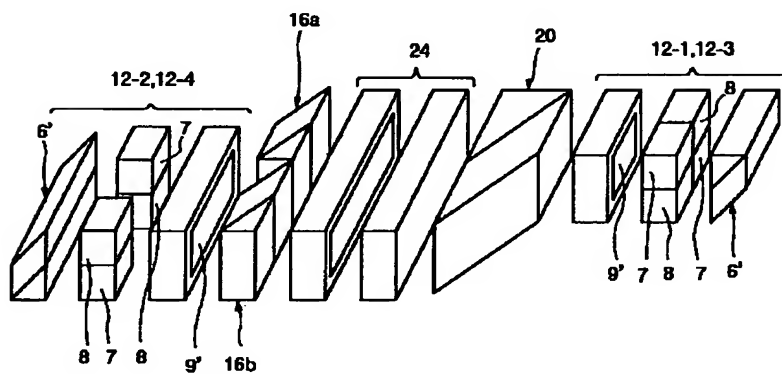
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

